

상악 전치부 INTRUSION시 초기 응력 분포에 관한 광탄성학적 분석

(Utility archwire, Burstone intrusion archwire,
"J"hook headgear에 의한)

백 혜 정¹⁾ · 백 형 선²⁾

부정교합은 전후방, 측방, 수직적 부조화로 분류할 수 있는 데, 수직적인 부조화 중 과개 교합을 해소하기 위하여 환자의 상태에 따라 구치부의 정출 혹은 전치의 intrusion이 시도되고 있으며, intrusion은 여러 선학들에 의해 다양한 방법들이 사용되어지고 있다.

본 연구는 전치의 intrusion 방법으로 임상에서 많이 사용되어지고 있는 utility archwire, Burstone intrusion archwire, "J" hook headgear에 의한 상악 전치부 intrusion시 초기 응력 상태를 광탄성법으로 비교 연구하기 위하여 치아와 치조골 모형을 광탄성물질로 대체시키고 wire와 bracket을 주어진 조건으로 위치시킨 후 편광판을 이용하여 초기 응력 상태를 분석하였고, 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. utility archwire에서는 중등도의 응력이 전치부의 치근단 부위에서 비교적 균일하게 나타났고, 제1 대구치의 치근단 부위에서는 집중되어 나타났다.
2. Burstone의 3-piece intrusion archwire에서는 중등도의 응력이 전치부와 구치부의 치근단 부위에서 비교적 균일하게 나타났다.
3. "J" hook headgear에서는 강한 응력이 치조골 전반과 전치부 치근단 부위에 넓게 분포되어 나타났고, 특히 중절치와 측절치 사이 치조골 부위에 가장 강한 응력을 나타냈다. 다른 군과는 달리 전체 치아의 periodontal ligament space를 따라 약한 응력이 나타났다.

(핵심되는 말 : intrusion, 광탄성법, 초기 응력)

I. 서 론

부정 교합은 크게 전후방, 측방, 수직적 부조화로 나눌 수 있는 데, 이들은 독립적으로 나타나는 경우는 드물고, 대개 다른 부조화와 더불어 변형되어 나타난다. 이 중에서 수직적 부조화는 안모가 길고 좁은

dolicocephalic type에서 안모 형태가 넓고 저작력이 강한 brachycephalic type까지 다양한 양상을 보이며, 골격성 또는 치성으로 개방교합 또는 과개교합의 형태로 나타난다. 이에 대한 치료는 원인과 치료시기에 따라 다양하지만 심한 경우는 악교정 수술부터 headgear, chin-cap spring loaded posterior bite block, Functional appliance 같은 악정형 장치나 악기능장치를 이용한 방법, extrusion, intrusion 등 교정력에 의한 방법 등이 있다.

¹⁾ 연세대학교 치과대학 교정학 교실, 위생병원 치과 교정과

²⁾ 연세대학교 치과대학 교정학 교실, 교수

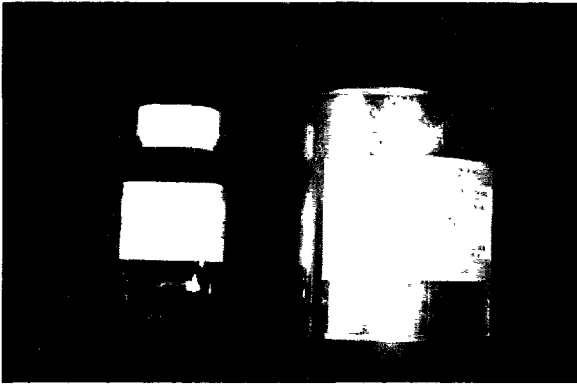


그림 1 PL-1 type epoxy resin(measurement group, U.S.A.)

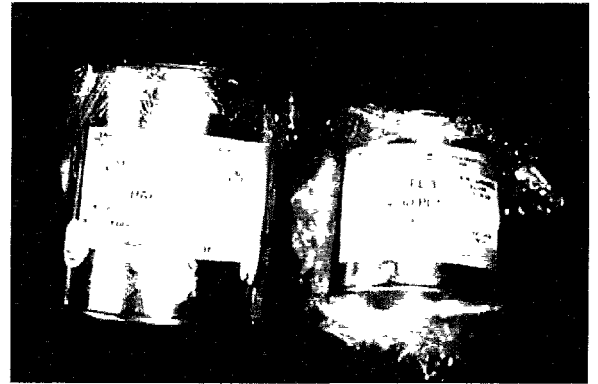


그림 2 PL-3 type epoxy resin(measurement group, U.S.A.)

intrusion은 구강내에서 일어나기 힘든 치아 이동으로, true intrusion과 구치부의 extrusion과 하악 과두의 보상성장에 의해 야기되는 relative intrusion이 있다.

Burstone²⁰⁾은 intrusion시 light force를 강조하면서 각 치아당 20g, 즉 상악 4전치에는 60-80g, 하악 4전치에는 50g이 적절한 교정력이라 하였다. intrusion은 치근단 부위의 좁은 부위에 응력이 집중되고, 치근단 부위의 골조직이 다른 부위에 비해 단단해 치근 흡수의 가능성이 높고, 인접 치조골에 angular bony defect를 야기하는 등 부작용을 야기할 수 있다. 그럼에도 불구하고, high angle case나 환자의 수직 관계 개선을 위해 많이 사용되어지고 있으며 여러 선택들에 의해 다양한 방법 등이 시도되고 있다

Ricketts⁴³⁾는 utility archwire로 혼합 치열 시기에서 유치 부위에는 응력을 가하지 않으면서 molar anchorage와 cortical anchorage로 전치부 intrusion을 유도하였고, Burstone^{20), 21)}은 성인 환자에서 trans palatal arch와 구치부 anchorage로 전치부의 intrusion을 시도하였고, Merrifield^{37), 38)}는 extraoral anchorage로 전치부 intrusion을 시도하였다. 김³⁾은 구치부 tip-back activation에 의해 전치부 intrusion을 시도하였고, Broussard²⁶⁾는 combination archwire로 전치부를 후방 견인하면서 intrusion을 시도하였으며, Begg³³⁾는 Australian wire로 제1 대구치 전방에 anchor bend를 주면서 Class II elastic force를 이용해 전치부 intrusion을 시도하였다.

치아와 치조골 및 악골의 응력 분석을 위해서는 광탄성법, strain gauge법, holography법, 유한 요소법 등이 사용되고 있는 데, 이 중에서 광탄성법은 실제의

mechanic 조건을 부여하면서 응력을 가했을 때 물체의 전 표면에서의 응력 분포를 계측할 수 있고, 주응력 방향, 응력의 크기를 쉽게 알 수 있는 응력 분석 방법이다. 광탄성법이 Zak⁵¹⁾에 의해 치의학 분야에 소개된 후, 국내에서는 보철 분야^{1), 5), 7), 11), 13)}와 교정 분야^{2), 4), 6), 9), 10), 12)}에서 연구가 활발히 진행되고 있고, 국외에서도 denture 하방에서의 응력 분포^{24), 24), 47)}, cavity preparation시 응력 분포^{32), 40)}, 견치 견인시 응력 분포^{16), 22)}, root tipping시 응력 분포¹⁷⁾, Class III intermaxillary elastic 사용시 두개 안면 부위에 나타나는 응력 분포¹⁵⁾에 관한 연구 등이 발표되었다.

본 연구는 임상에서 많이 사용되고 있는 utility archwire, Burstone intrusion archwire, "J" hook headgear에 의한 상악 전치부 intrusion시 치근단과 그 주위 치조골에서의 초기 응력 상태를 광탄성법으로 비교 연구한 바 다소 지견을 얻었기에 보고하고자 한다.

II. 연구재료 및 방법

A. 치아 모형 제작

Wheeler의 기준에 맞는 상악 레진 치아 (중절치에서 제2대구치까지)에 vinyl poly siloxane impression material (Perfect VPS)로 음형을 만들고, 여기에 PL-1 type epoxy resin (measurement group, INC, U.S.A.) (그림 1)을 resin과 hardner의 비율이 5:1의 무게비가 되도록 각각 용기에 담고 32도에서 혼합한 후, 52도에 도달하였을 때 위의 음형에 부었다. epoxy

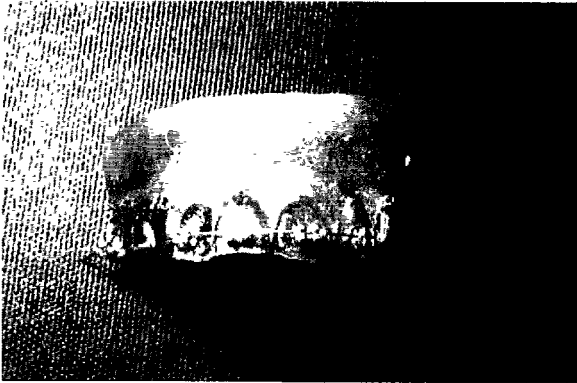


그림 3. 광탄성 모형에 위치시킨 utility archwire



그림 4. 광탄성 모형에 위치시킨 Burstone intrusion archwire

resin이 완전히 경화된 후 인상제를 제거하여 상악 치아 모형을 완성하였다.

B. 치조골 모형 제작

정상 형태의 wax form (Sankin, Japan)에 A의 치아를 cemento-enamel junction 부위까지 식립하고 vinyl poly siloxane impression material (Perfect VPS)로 음형을 만들어 분리제를 도포했다. PL-3 type epoxy resin (measurement group, INC, U.S.A.) (그림 2)을 resin과 hardner의 무게비가 1:1.5되게 각각의 용기에 담아 52-56도에서 1시간 예열한 후 혼합하여 60도에 이를 때 위의 음형에 부어 광탄성학적 모형을 완성했다.

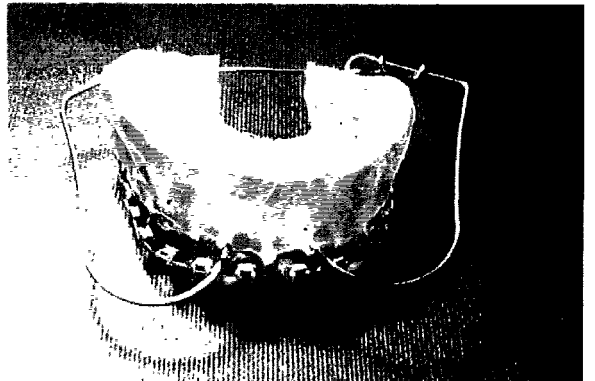


그림 5. 광탄성 모형에 위치시킨 finishing archwire와 "J" hook headgear

C. 부리켓 접착과 호선 장착

1. group 1 (그림 3)

.018 standard siamese bracket을 4전치와 제1 대구치에 direct resin(Bisco no mix type)으로 장착하고, .016 X .016 blue elgiloy wire로 45도 tip back, 20도 rotation, 1cm 양측성으로 확장하여 molar activation 시켜 80g과 tip back양을 증가시키면서 150g의 intrusive force를 가한 열처리하지 않은 utility archwire를 각각 장착시켰다.

2. group 2 (그림 4)

.022 standard bracket을 전치부터 제2 대구치까지 direct resin Bisco no mix type 으로 접착하고, .019 X .025 stainless steel archwire로 제2 소구치로부터

제2 대구치까지 posterior anchor unit을, 0.8mm stainless steel round wire로 제1 대구치간 설측에 위치시켜 anchorage를 보강한 후, 전치부는 .019 X .025 stainless steel archwire로, 3-piece intrusion archwire는 .017 X .025 TMA wire로 편측당 40g, 양측에 80g과 편측당 75g, 양측에 150g의 intrusive force가 각각 발생하게 하였다.

3. group 3 (그림 5)

.022 standard edgewise bracket을 전치부터 제2 대구치까지 direct resin(Bisco no mix type)으로 접착하고, .020 X .025 finishing archwire에 .032 brass wire를 중절치와 측절치 사이에 solder해 80g과 150g의 "J" hook headgear에 의한 intrusive force를 각각 가했다.

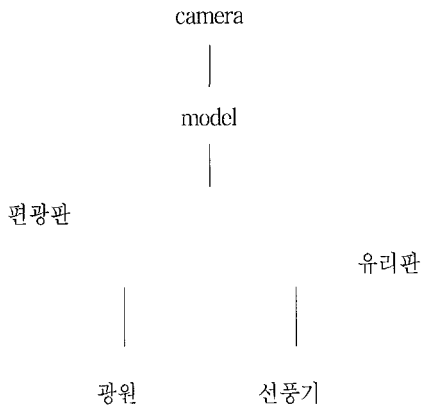


그림 6. schematic diagram of photoelastic analysis

표 1. 색상 변화로 fringe pattern을 해석하는 기본 표

color	fringe order
black	0.0
yellow	0.6
red	0.9
purple (tint of passage)	1.0
blue-green	1.2
yellow	1.5
red	1.75
red-green transition	2.0
green	2.2
yellow	2.5
red	2.8
red-green transition	3.0



그림 8. utility archwire 삽입 후의 설측면



그림 9. Brustone intrusion archwire 삽입 전의 설측면



그림 10. "Brustone intrusion archwire 삽입 후의 설측면



그림 7. utility archwire 삽입 전의 설측면

4. polarieization-folie (Hama, Japan) 편광판을 유리 판 위에 놓고 하방에는 light source와 열을 발산시키는 장치를 설치하고 ASA 100 ectachrome film을 사용하여 편광 filter가 내장된 Nikon MB 21 사진기로

응력 상태를 촬영했다. 응력분포 양상은 최대주응력과 최소주응력의 차인 전단응력의 성분에 따라 다색상의 반복무늬가 나타나는데, 등색선은 black/yellow/red/blue - green/yellow/red/green/yellow/red/green등 반복된 순서로 나타났다. red와 green 사이의 무늬차(fringe order)라 하고 black이 0차, red와 blue-green이 1차, 두 번째 red와 green 사이가 2차, 세 번째 red와 green사이가 3차로 분석되며, 무늬 차수가 증가할수록 응력이 증가하는 것으로 평가하였다.(표 1)(그림 7)

III. 연구성적

정상 형태의 치아와 악궁을 광탄성 물질로 각각 대체시키고, 3종류의 intrusive mechanic을 부여하여 아래의 결과를 얻었다.

1. group 1 (utility archwire군) (그림 8-9)

중절치, 측절치의 치근단 부위에서 1.2차의 응력이 비교적 균일하게 분포되어 있고, 제1 대구치의 치근단 부위에서도 1.2차의 응력이 집중되어 나타났다. archwire가 bypass되는 견치, 소구치 구간은 응력이 전혀 나타나지 않았으며, 견치와 측절치 사이 구간은 측절치 치근단 부위의 응력이 퍼져나가는 양상을 보였다. 80g과 150g군의 차이는 fringe pattern은 동일하였으나, 150g군에서 응력이 치조골 하방과 측방으로 더 넓게 퍼져나가는 양상을 보였다.

2. group 2 (Burststone intrusion archwire군) (그림 10-11)

1군과는 달리 0.9~1.2차의 응력이 전치부와 구치부 치근단 부위에 균일하게 분산되어 나타났고, 구치부 한 곳에 집중된 양상은 보이지 않았다. 80g과 150g의 차이는 1군과 같이 150g군에서 응력이 더 퍼지는 양상을 보였다. 치아 자체에서의 응력도 1군과 동일하게 아무런 변화를 보이지 않았다.

3. group 3 ("J" hook headgear군)(그림 12-13)

group 1과 group 2보다 강한 응력이 치조골에 넓게 분포되었는데, 전치부에서는 1.75-2.0차의 응력이 보이며 특히 hook이 solder된 중절치와 측절치 사이 치

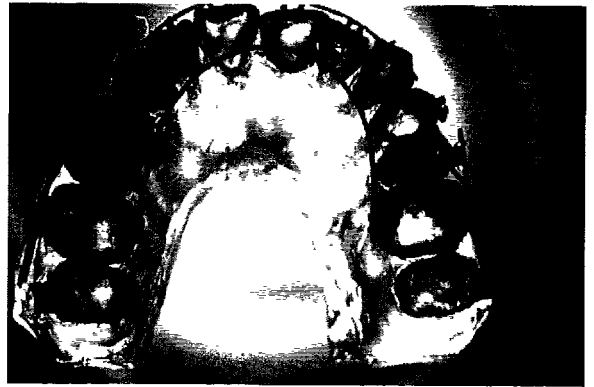


그림 11. "J" hook headgear 삽입 전의 설측면



그림 12. "J" hook headgear 삽입 후의 설측면

조골 부위에 2.0-2.2차의 응력이 집중되어 나타났다. 1군과 동일하게 150g군에서 응력이 더 넓게 퍼져나가는 양상을 보였다. passive한 상태의 finishing archwire를 삽입했음에도 불구하고 개개 치아 주변에 0.6-0.9차의 응력이 나타났고, 1,2군과는 대조적으로 전체 치아의 periodontal ligament space를 따라서 0.9-1.0차의 응력이 나타났다.

IV. 총괄 및 고찰

치아 및 치주 조직에 가급적 손상을 줄이면서 효율적인 치아 이동을 시키기 위해 일반적으로 받아들여지고 있는 힘의 크기, 적용 시간에 대한 정확한 한계는 없다. 특히 다른 종류의 치아 이동에 비해 intrusion은 작용된 힘의 방향이 치아 장축으로 전달되어 치근단 부위에서의 단위 면적당 받는 힘의 크기가 증가되고 치근단 부위는 다른 부위에 비해 골 조

직의 밀도가 단단하므로 혈액량 감소, 초자질화대의 출현, 치근흡수^{30), 36)} 등의 현상이 비교적 쉽게 나타난다.

Dellinger²⁵⁾는 동물 실험에서 50g의 intrusive force를 지속적으로 적용시켰을 때 가장 많은 intrusion양을 나타냈고, 약간의 치근 흡수를 보였으나, 그 이상의 힘을 준 경우에 가해진 힘의 크기에 비례하여 치근 흡수는 증가하였고 intrusion양은 감소하였다고 함으로써, 적당한 힘을 가한 경우에 치아의 intrusion기전 그 자체는 치근 흡수와 무관하다고 하였다.

Burstone²⁰⁾은 intrusion시 각 치아당 20g 즉 상악 4전치에는 60-80g, 하악 4전치에는 50g이 적절한 교정력이라 하였고, 이는 Ricketts⁴³⁾와도 일치하였다.

한편, Bien¹⁶⁾은 힘의 크기보다는 힘의 적용 간격이 치근 흡수에 더 많은 영향을 미치며, 이러한 요소가 고려되지 않으면 치근막의 fluid drainage system에 장애를 가져와 치근침에서 소량의 CO₂가 유리되고, 이로 인해 pH가 떨어지게 됨으로써, 치근의 탈회가 일어난다고 하였다. 즉, 간헐적 교정력에 비해 지속적 교정력은 치근막의 순환장애를 야기하기 때문에, 치근 및 치조골 등 주위 조직이 재차 회복될 수 있는 기간이 필요하다는 간헐적 교정력에 대한 이론도 제시되었다. 이 실험에서도 "J" hook headgear에 의한 extraoral force를 가했을 때 다른 경우에 비해 강한 응력이 악골 전반에 나타났지만, 실제 임상에 적용시 12시간의 간헐적 교정력을 가하기 때문에 치근 흡수와 직접 비례하지는 않으리라 사료된다.

또한, Reitan^{41), 49)}은 특히 치근단 부위의 치근 흡수는 비교적 짧은 초자질화대 기간이 수반되며, 만약 더 이상의 힘이 가해지지 않거나 단지 완만한 힘의 재조절을 한다면 3~5주 후에 소실되어진다고 하였다.

치근 흡수에 영향을 미치는 요인³⁹⁾으로는 종양이나 부적절한 교정력, 치근막의 조직 손상, 혈액 공급의 증가, 감염, 전신 질환이나 호르몬 장애 등의 개인 영향을 들 수 있다.

응력 분석 방법으로는 이론 수치적 접근의 유한 요소법과 실험적 접근의 광탄성법, brittle coating법, holography법, strain gauge법 등이 있는데, 이 실험에서는 각 group마다 사용되는 bracket slot 크기 및 angulation, torque, tip등이 다르고, wire의 재질 및 archwire 형태가 다양하므로 상태 그대로 재현 가능한 광탄성법이 효과적일 것이라 사료되어 이 방법을 사용하였다.

이 실험에서 전치부 치근 침단 부위의 응력을 보다

잘 관찰하기 위해 치아 부위는 PL-1 type epoxy resin으로 대체시켰고, 치조골 부위는 보다 강도가 낮은 PL-3 type epoxy resin으로 대체시켰다. 한편, 치아 내부의 잔류 응력은 silicone 인상재로 만든 mold 내에서 epoxy resin치아를 제거하는 과정에서 발생된 것으로 사료되며, 그 양이 작아 무시해도 될 듯하다.

또한, 이전의 많은 연구^{4), 6), 9), 10), 12)}들은 응력을 보다 잘 관찰하기 위해 치아 모형을 이차원화시키고 치조골 두께를 일정하게 유지시키는 방법을 사용했으나, 본 연구는 가능한 force가 구강 내에서 실제로 분포되는 그대로를 재현하고 싶었기에 비교적 두꺼운 정상 모형의 음형을 사용하였다. force양은 각각의 장치 적용시 가장 optimal intrusive force라고 인정된 양, 즉 group 1, 2에서는 80g, group 3에서는 150g을 사용하였고, 비교를 위해 group 1, 2에서는 150g, group 3에서는 80g을 첨가하였다.

Burstone²¹⁾은 교정 치료는 variable cross-section orthodontic에서 variable modulus orthodontic으로 cross-section은 동일하되 modulus of elasticity가 다른 탄선을 단계적으로 사용하는 치료법이 새로운 교정 치료의 패러다임이 될 것이라 하였다.

이 실험에서도 group 1에서는 standard .018 slot bracket에 Ricketts가 주장한 열처리하지 않은 .016 × .016 blue-elgiloy를, group 2에서는 .022 slot Burstone straight wire bracket에 TMA wire를, group 3에서는 standard .022 slot bracket에 "J" hook headgear에 의한 anchor부분으로 rigid한 .020 × .025 stainless steel wire를 사용하였다

utility archwire⁴³⁾는 구강 내에서는 cortical bone anchorage에 의해 구치부 anchorage가 보강되는데 광탄성 모형에서는 치조골 모형을 동일한 물질로 대체시켰기 때문에 실제와 차이가 있으리라 사료된다. 또한, bypass archwire의 약점으로 anchorage가 제1 대구치에만 국한되어 전치부 intrusion시 구치부 extrusion이 함께 나타나는 것과 intrusive force가 center of resistance 전방에 나타나 전치부가 전방경사된다는 것인데, 이를 방지하기 위해 전자에서는 high -pull headgear를 첨가하거나 소구치, 제2 대구치도 posterior anchorage에 첨가시키는 방법이 있고, 후자에서는 Begg의 anchor bend나 Burstone의 segmented approach에 의해 intrusive force를 보다 후방으로 가하는 방법이 있다. 실제로 segmented approach에 의해 구치부 extrusion보다 4배 이상의 전치부 intrusion이

일어난다고 하였다.

이 실험에서도 utility archwire군에서는 제1 대구치 치근단 부위에 중등도의 응력이 집중되어 나타났으나, Burststone intrusion archwire군에서는 대구치 치근단부위에서 응력이 잘 분산되어 palatal arch와 posterior tooth anchorage에 의해 응력이 잘 분산되었음을 보여주었다. "J" hook headgear군은 전자군과 동일한 응력을 주더라도 .020 × .025 finishing archwire의 응력이 첨가되어 비교적 강한 응력이 치조골 전반에 걸쳐 나타났으며 구치부 한 부위에 집중된 응력은 보이지 않았다.

절대적으로 어떠한 장치가 좋다고 결론 내리기보다는 임상적으로 group 1은 유치가 잔존해 있는 혼합 치열 시기나 성장기 환자에 있어 intrusion을 원하지 않는 치아에는 전혀 응력을 가하지 않으므로 주위 치아의 intrusion, extrusion을 막고자 할 때 효과적으로 보이며, group 2는 비교적 약한 force를 지속적으로 가해야 하고 구치부 extrusion에 의해 하악의 clockwise rotation을 막아야 하는 성인 환자에 효과적으로 보이며, group 3은 비교적 강한 간헐적 힘으로 단기간 내에 intrusion을 얻고자 할 때 사용할 수 있다.

다양한 신소재로 다양한 mechanic을 응용하고자 할 때 임상에 적용하기 전 광탄성법으로 응력 분포 양상을 미리 살펴본다면 좀 더 안전하고 효과적인 교정력을 적용할 수 있을 것이다.

V. 결 론

임상 교정에서 많이 사용되고 있는 utility archwire, Burststone intrusion archwire, "J" hook headgear에 의한 상악 전치부 intrusion시 치근단과 그 주위 치조골에서의 초기 응력 상태를 광탄성법으로 분석한 바, 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. utility archwire군에서는 중등도의 응력이 전치부의 치근단 부위에 비교적 균일하게 나타났고, 제1 대구치 치근단 부위에서는 집중되어 나타났다.
2. Burststone의 3-piece intrusion archwire군에서는 중등도의 응력이 전치부와 구치부의 치근단 부위에서 비교적 균일하게 분산되어 나타났다.
3. "J" hook headgear군에서는 강한 응력이 치조골 전반과 전치부 치근단 부위에 넓게 분포되어 나타났고, 특히 중절치와 측절치 사이 치조골 부위에

가장 강한 응력을 나타냈다. 다른 군과는 달리 전체 치아의 periodontal ligament space를 따라 약한 응력이 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김 동원, 김 영수 : 각종 형태의 골내 임프란트와 해부학적 치형에 관한 광탄성 응력 분석, 대한 치과 교합 학회지, 3: 25-35, 1984
2. 김 광호 : 각종의 headgear를 이용한 정형력이 두개안면골에 미치는 영향에 관한 광탄성학적 연구, 대한 치과 교정 학회지, 16(1): 71-81, 1986
3. 사토 사다오, 스즈키 요사이 : 부정 교합을 위한 새로운 접근, 지성출판사, 1991
4. 염 정배, 이 병태 : MEAW가 야기하는 응력 분포에 관한 광탄성학적 연구, 대한 치과 교정 학회지, 20(2): 267-281, 1990
5. 윤 성일, 장 익태 : 양측성 유리단 국소 의치의 설계 변화에 따른 광탄성 응력 분포에 관한 연구, 대한 치과 의사 협회지, 23(1): 45-59, 1985
6. 이 승호, 김 정기 : MEAW의 응력 분포에 관한 광탄성학적 연구, 대한 치과 교정 학회지, 24(4): 969-982, 1994
7. 이 희철, 정 현근, 조 광현 : 교정 가공 의치에 대한 하중이 2차 지대치 주위 조직에 미치는 광탄성 응력 분석, 대한 치과 의사 협회지, 27(2): 161-168, 1989
8. 장 지철, 박 영철 : 성견의 intrusion시 간헐적 교정력과 지속적 교정력에 따른 치근 흡수에 관한 실험적 연구, 대한 치과 교정 학회지, 22(1): 241-252, 1992
9. 전 윤식 : TMA wire로 제작된 3종류의 MVLAW의 초기 응력 분포에 관한 광탄성학적 연구, 대한 치과 교정 학회지, 25(1): 73-85, 1995
10. 전 윤식 : 3종류의 구치부 uprighting spring의 초기 응력 분포에 관한 광탄성학적 연구, 대한 치과 교정 학회지, 24(3): 709-719, 1994
11. 조 인호 : 총의치 교합 형태에 따른 3차원적 광탄성 응력 분포, 대한 치과 의사 협회지, 20(11): 945-966, 1982
12. 최 진휴, 김 중철 : molar uprighting spring에 의해 발생하는 치조골내의 응력 분포에 관한 광탄성학적 연구, 대한 치과 교정 학회지, 21(2): 353-366, 1991
13. 한 동후, 이 호영 : 지대치 유지 장치 설계에 따른 가철성 의치 하부 조직에 가해지는 응력에 관한 광탄성학적 연구, 대한 치과 의사 협회지, 25(2): 155-170, 1987
14. Aisenberg, M.S. : The tissues and changes involved in orthodontic tooth movement, Am. J. Orthod., 34: 854-859, 1948
15. Alfredo, J. et al : Effects of orthodontic intermaxillary C III mechanics in craniofacial structures : Part I - photoelastic analysis, Angle Orthod. , 49(1): 21-28, 1979
16. Baeten, L.R. : Canine retraction : A photoelastic study, Am. J. Orthod. , 67: 11-23, 1975
17. Broosky, J.F. et al : Root tipping : A photoelastic histopathologic correlation, Am. J. Orthod., 67: 1-10, 1975
18. Bien, S.M. : Fluid dynamic mechanics which regulate tooth

- movement, *Adv. Oral. Biol.*, 2: 173-192, 1996
19. Burstone, C.J. and Goldberg, A.J. : Beta-titanium : A new orthodontic alloy, *Am. J. Orthod.*, 77: 121-132, 1980
 20. Burstone, C.J. : The mechanism of the segmented arch technique, *Angle Orthod.*, 36: 99-120, 1966
 21. ——— : Variable-modulus Orthodontics, *Am. J. Orthod.*, 80: 1-6, 1981
 22. Caputo, A.A. : Photoelastic visualization of orthodontic forces during canine retraction, *Am. J. Orthod.*, 65: 250-259, 1974
 23. Craig, R.G. et al : Experimental stress analysis of dental restoration, Part II two dimensional photoelastic stress analysis of crowns, *J. Prothod. Dent.*, 17: 292-302, 1967
 24. ——— : Three dimensional photoelastic stress analysis of maxillary complete dentures, *J. Prothod. Dent.*, 31: 122-129, 1974
 25. Dellinger, E.L. : A histologic and cephalometric investigation of premolar intrusion in macaca monkeys, *Am. J. Orthod.*, 53: 325-355, 1967
 26. Georgia, J.S. et al : Applied concepts and uses of the Broussard two force technique, *Rocky Mountain Orthodontics*, 48-59
 27. Ghickman, I. et al : Photoelastic analysis of internal stresses in the periodontium created by occlusal forces, *J. Periodontol.*, 41: 30-35, 1970
 28. Goldberg, A.J. and Burstone, C.J. : An evaluation of beta titanium alloys for wire, *J. Dent. Res.*, 58: 593-597, 1979
 29. ——— : A status report on beta-titanium orthodontic wire, *J. Am. Dent. Assoc.*, 105: 684-685, 1982
 30. Harry, M.R. and Sims, M.R. : Root resorption in bicuspid intrusion-A scanning electron microscope study, *Angle Orthod.*, 52: 235-258, 1982
 31. Hixon, E.H. et al : *Am. J. Orthod.*, 55: 437-457, 1969
 32. Hollinger, H.H. : Photoelastic stress analysis of restoration, *Dental radiography and photography*, 13(2): 31-35, 1958
 33. Kapila, S. et al : Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires, *Am. J. Orthod.*, 96: 100-109, 1989
 34. Kratochvil, F.J. and Caputo, A.A. : Photoelastic study analysis of pressure on tooth and bone supporting removable partial dentures, *J. Prostho. Dent.*, 32: 52-61, 1974
 35. Kusy, R.P. : Effects of composition and cross-section on the elastic properties of orthodontic wires, *Angle Orthod.*, 51: 325-340, 1981
 36. Mesen, B. : Tissue reaction following application of extrusive and intrusive forces to teeth in adults monkeys, *Am. J. Orthod.*, 89: 469-475, 1986
 37. Merrifield, L.L. : The system of directional force, *Journal of Charles H. Tweed Foundation*, 10: 15-29, 1982
 38. ——— : Edgewise sequential directional force technology, *Journal of Charles H. Tweed Foundation*, 14: 22-37, 1986
 39. Moyers, R.E. : Handbook of orthodontics, 4th ed., Chicago year book medical publisher, 332-333, 1988
 40. Noonan, M.A. : The uses of photoelasticity in a study of cavity preparation, *J. Dent. Child.*, 16: 24-28, 1949
 41. Reitan, K. : Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone type, *Angle Orthod.*, 34: 244-255, 1964
 42. ——— : Some factors determining the evaluation for forces in orthodontics, *Am. J. Orthod.*, 43: 32-45, 1957
 43. Ricketts, R.M. et al : Bioprogressive therapy, Denver, Rocky Mountain Orthodontics, 93-126, 1979
 44. Schwaib, R.A. and Brooklyn, N.Y. : Application of the photoelastic method of stress analysis to orthodontic tooth movement in bone, *Am. J. Orthod.*, 36: 192-197, 1950
 45. Steiner, C.C. : Force control in orthodontics, *Am. J. Orthod.*, 18: 252-259, 1932
 46. Stoner, M.M. : Force control in clinical practice, *Am. J. Orthod.*, 61: 163-185, 1960
 47. Sutherland, J.K. et al : A photoelastic analysis of the stress distribution in bone supporting partial dentures of rigid and non-rigid design, *J. Prostho. Dent.*, 27(1): 48-62, 1972
 48. Tanner, A.N. : Factors affecting the design of photoelastic models for two dimensional analysis, *J. Prostho. Dent.*, 27(1): 48-62, 1972
 49. Waters, N.E. et al : Physical characteristics of orthodontic wires and archwires : Part 2, *British J. Orthod.*, 2: 73-83, 1975
 50. Wheeler, R.C. : Dental anatomy, physiology and occlusion, 5th ed, Philadelphia, saunder company, 172-298, 1974
 51. Zak, B. : Photoelastic analysis in der orthodontischen mechanik, *Oesterr. Z. Stomatol.*, 33: 22-37, 1935

- ABSTRACT -

A PHOTOELASTIC STUDY ON THE INITIAL STRESS DISTRIBUTION OF THE UPPER ANTERIOR TEETH WHEN INTRUSIVE FORCE APPLIED (BY UTILITY ARCHWIRE, BURSTONE INTRUSION ARCHWIRE, and "J" HOOK HEADGEAR)

Hye-Jong Baik, D D S , M.S D , Hyung-Seon Baik, D.D.S M.S.D., Ph D.,

Dept. of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

The purpose of this study was to analyze the initial stress distribution around apex and the alveolar bone of the upper anterior teeth when applying intrusive force by the use of utility archwire, Burstone 3-piece intrusion archwire, and "J" hook headgear which is usually used in clinical practice.

By the use of the polarization plate, initial stresses were analyzed when 80g and 150g force applied.

The results were as follows.

1. With the utility archwire, moderate levels of stress were evenly distributed on the apical areas of the anterior teeth and concentrated on the apical areas of the first molars.
2. With the Burstone's 3-piece intrusion archwire, moderate levels of stress were evenly distributed on the apical areas of the anterior and posterior teeth.
3. With the "J" hook headgear, severe levels of stress were widely distributed on the alveolar bone and apical areas of the upper anterior teeth, and concentrated on the apical area between the central and the lateral incisors. Especially, weak levels of stress appeared along the periodontal ligament space of all teeth.

KOREA. J ORTHOD. 1997 ; 27 : 401-409

※ Key words . intrusion, photoelastic analysis, initial stress